

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02932

研究課題名(和文) 教員養成における科学館展示や探究活動を取り入れた数学科目に関する実践的研究

研究課題名(英文) Action research on teacher training mathematics subjects by making science exhibitions and inquiry activity

研究代表者

花木 良 (Hanaki, Ryo)

岐阜大学・教育学部・准教授

研究者番号：70549162

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：数学展示物は数学のアウトリーチ活動に繋がったり、作製する経験は教材研究に生かされたりすることを明らかにした。科学イベントにおける参加型展示の在り方を提案し、新たな数学展示物を創出し、大学院生とともに演習するとともに論文にまとめた。科学館展示物作製を取り入れた大学院の講義を考案し実践し、教職大学院における教育実践科目の提案を行った。

「理数探究基礎」「理数探究」の考察や提案をした。SSH校の高校生の数学探究の分析し、数学の未解決問題に関する教材研究を行った。また、理数探究や探究活動に貢献できる教員養成、教科内容学の研究も推進した。数学の研究成果として、結び目理論の新たな結果を出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

科学教育学、数学教育学、教科内容学の研究を推進した。近年、注目されているSTEAM教育とも関連させて、美術や音楽と関連付けた理数教材や数学展示物を提案した。結び目理論においては、結び目の影の研究を推進した。

社会的には、2022年度より実施される高等学校の新課程で新設される科目「理数探究基礎」「理数探究」への具体的な提案をした。科学館での演習や教室、出前講義、公開講座などを通じて、算数・数学を幼児・小学生・中学生・高校生・大人へ発信することができた。さらに、よりよい演習法を研究し、成果を発信した。数学探究のための未解決問題紹介サイトを開設した。

研究成果の概要(英文)：We clarified that making mathematics exhibits lead to outreach activities in mathematics, and is useful approach to the study of teaching materials. We proposed the ideal way of participatory exhibitions at scientific events, created new mathematical exhibits, presented them with graduate students. We devised exercise subjects using exhibitions in science museum in professional school for teacher education.

We considered and proposed for new subjects 'Risu tankyu kiso' and 'Risu tankyu'. We analyzed the math consideration of high school students at SSH school and researched on teaching materials on unsolved problems in mathematics. We also promoted teacher training adaptable for 'Risu tankyu' and mathematical inquisition. As a result of mathematics research, we discovered new results in knot theory.

研究分野：科学教育

キーワード：科学館 STEAM 数学展示物 科学演習 理数探究 数学科内容学 教科内容学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 課題探究型学習を生徒に指導できる教員が必要な背景

中学校・高等学校の数学科では、「目的意識をもった主体的な活動(数学的活動)」の充実が図られており、中学校に留まらず高等学校(数学I, A)においても課題学習が内容として位置づけられている。高等学校等において、スーパーサイエンスハイスクール事業(SSH)が2002年度より文部科学省の支援の下に26校で開始され、2016年度には200校が指定されている。

(2) 科学館における数学の展示物を必要とする背景

児童・生徒の主体的な学び(算数・数学的活動, 課題学習)を促す題材, 科学技術の発展を支える数学を知る機会が求められ, 数学に関する展示物の需要が高まっている。しかし, 長崎栄三氏と松島充氏は, 算数・数学に関する内容についての恒常的な活動を行っているとしたのは13館(6%)であり一時的な活動でも20館(10%)に留まっている(質問紙を科学博物館・科学館315館に送付し205館(65%)から回答を得た結果)と指摘した。(「算数・数学に関する科学博物館・科学館における事業等」, 日本数学教育学会誌, 2012年)。一方, 国立科学博物館を中心に, 科学館や博物館を用いた「教員のための博物館の日」が平成20年度から実施されており, そこでは科学館や博物館の資源を用いた教員研修が行われている(小川義和, 「教員のための博物館の日」の取り組み」, 博物館研究, 2010年)。

(3) 教員養成学部の在り方, 教科内容学の発展, 教員の資質能力向上

教員免許法の科目に関して, 『今後, 従来の「教科に関する科目」と「教科の指導法」のより一層の連携を図っていくことが重要となる。従来の「教科に関する科目」については, 学校教育の教科内容等を踏まえつつ適切に実施されるべきであり, このため, 「教科に関する科目」を担当する教員に対し, 大学において全学的に教職課程を統括する組織等がFDを実施するなどして, 教職課程の科目であることの意識を高めることが必要である。』(中央審議会, 「これからの学校教育を担う教員の資質能力の向上について」(答申), 2015年)といわれており, 実施に向けた検討がなされている。

教員養成学部の果たすべき役割として理数離れへの対応が挙げられている。また, 教科専門科目に対して理学部とは異なる教員養成学部の独自性や特色の発揮が期待されている(今後の国立の教員養成系大学学部の在り方について(報告), 文部科学省, 2001年)。これに向け, 2014年には日本教科内容学会が設立され学術的な進展が望まれている。教育課程を作るという視点からも教科内容学的重要性が論じられている(安彦忠彦, 日下部龍太「教科専門と教職専門をつなぐ新教科教育学の構想」, 神奈川大学心理・教育研究論集, 2014年)。上記のように教員養成における「教科に関する科目」の在り方は学術的な「問い」(教科内容学)として問われ始め, 教育学部大学院改革(教職大学院化等)の中で盛んな議論が行われており, この問いは喫緊の課題である。

2. 研究の目的

研究の目的は, 次の2つにまとめられる。

(1) 数学展示物に関する研究

具体的には, 数学展示物の拡充を図ること, 展示物作製の教育的意義を明らかにすることが挙げられる。

(2) 数学的探究に関する研究

「理数探究基礎」や「理数探究」に関する基礎的研究, 高校生向けの教材開発, 数学的探究を取り入れた教員養成の数学専門科目の構築が挙げられる。

3. 研究の方法

(1) 数学展示物に関する研究

大学院講義で, 数学展示物を実際に大学院生と作製し展示物の拡充を図る。教職大学院化に向けた講義を提案, 構築する。展示物の作成や実践の中で, 数学展示物の在り方や作成法のノウハウをまとめたり, 展示物作製の意義を考察したりする。

(2) 数学的探究に関する研究

高校で施行される「理数探究基礎」「理数探究」の学習指導要領の考察を行う。また, 高校生の実態を知るために, SSH校の数学の研究成果を分析する。数学専門科目で, 探究的な課題を学生に提示し, 学生の活動を考察する。

4. 研究成果

(1) 数学展示物に関する研究

数学展示物の拡充

大学院生とともに, 数学展示物の研究成果をまとめた。『幼児から大人までを対象とした数学と関連付けたコマの参加型展示の実践的研究(伊藤杏優氏, 杉田岳史氏, 林訓史氏との共同研究)』では, 参加型展示の工夫すべき点, ア. 参加したいと感じる, イ. 幅広い年齢層が体験でき, 知識を得られる, ウ. オリジナルな作品を制作できる, を提案し, コマの展示を実践

した。それに倣い、『幼児から大人までを対象とした数学と関連付けた敷きつめ題材の参加型展示（松波雅慶氏との共同研究）』では、敷きつめに関する展示を提案している。『ストロー笛に関する教材研究 - 数学的な見方を生かした STEAM 教育（江崎愛氏、橋爪亜美氏との共同研究）』では、ストロー笛を数学的に求めた長さで作るとどうなるかを考察している。

『科学館における算数・数学展示物の拡充に向けた一考察（吉井貴寿氏との共同研究）』では、算数・数学展示物の拡充のために解決すべき課題を「ア」. 自然科学と関連する数学的な題材の不足、「イ」. 人文学と関連する数学的な題材の不足、「ウ」. 低年齢層を許容する題材、展示の工夫の不足」の三つに整理し、その解決方法を考察する。図鑑や幼児の学習書が、展示物を考案する上で有用であるとの示唆が得た。

数学と関連づく展示物は多くあり、それらは音楽、美術、物理などと関連づいている。今後も、このような展示物の作製が望まれ、期待できる。数学展示物を作製する取組は、教員養成において、教材を縦に見ることに繋がったり、STEAM 教育を推進できるようになったりすることが明らかになった。

数学展示の効用

『数学展示を用いたアウトリーチ活動の構想（吉井貴寿氏との共同研究）』では、数学会の市民講座の内容は、数学展示物に繋がることを指摘し、学会とともに数学展示会が開かれると有意義なアウトリーチ活動となることを提案している。

数学展示物作製に関わる教育的意義

『教材研究と幼児から大人までを対象とした数学展示物作製（吉井貴寿氏との共同研究）』では、大学院生の数学展示物作製プロセスを考察した。それが、高校数学、中学校数学と小学校算数の繋がりを考えたり、社会での活用例を探したり、広い視野から題材と向き合い、教科内容の縦のつながりについて理解を深めていくこととなっていた。

数学展示物作製を取り入れた教職大学院科目の構想

数学展示物作製は昨今注目されている STEAM 教育との関係性が深いことを明らかにした。

教職大学院ではフィールドワークが必須である。数学展示物は、STEAM 教育と関連付けた

『教職大学院における科学館展示を活用した教育実践科目の研究（吉井貴寿氏との共同研究）』や『全世代対象教育の実践を含めた教職大学院カリキュラムの提案 数学を題材とした科学イベント出展を取り入れた実践を踏まえて（伊藤直治氏、吉井貴寿氏との共同研究）』では、以下の表のような従来の教職大学院との差異のある半期のシラバスを策定している。前者では、実際に教材開発と指導実践を行い、その結果、学校 ver.3.0 に対応し、学びの場を広げることができることが明らかにした。

	従来の教職大学院の教科教育	科学イベント出展を行う科目
実践の場	学校	学校，社会教育施設
対象	児童，生徒	幼児，児童，生徒，学生，大人
内容	主に教科ごと	STEAM，教科横断的，総合的学習，教科

(2) 数学的探究に関する研究

「理数探究基礎」や「理数探究」に関する基礎的研究

『「理数探究基礎」と「理数探究」に関する考察と提案 数学的事象に関することに焦点化して』では、高等学校の新学習指導要領を考察し、教材の提案を行った。

SSH 校の数学の研究成果の分析

『理数探究を指導する教員養成に関する一考察 SSH の生徒発表からの考察を通して』では、2019 年度マifesta の要旨集（大阪府立大手前高等学校，2019）を(1)探究されている分野や内容，(2)純粋数学の問題設定に関する考察，(3)数学を応用する探究の考察の 3 つの視点から考察した。その結果、数学の未解決問題に興味をもつ生徒がいくつか見られた。

高校生向けの教材開発

『数学探究のための未解決問題紹介サイト（吉井貴寿氏との共同研究）』では、上記を踏まえて、高校生に数学の未解決問題を紹介するサイトを提案している。

『未解決問題を用いた探究教材の研究（吉井貴寿氏との共同研究）』では、未解決問題の教材研究として、完全数や閉曲線上の正方形をなす 4 点について、高校生の学習内容に即した提案をしている。

教員養成の数学専門科目での実践研究

『教科専門科目における読書課題に関する実践的研究 数学科「代数学」の講義での実践』では、大学生が主体的に多くの知識を得る方法として読書課題を提案し、実践した。実践の結果、学生同士で幅広い知識を享受できることが明らかになった。

(3) 数学の研究成果

結び目理論の研究成果を発表した。『On fertility of knot shadows』では、結び目の肥沃性の問題について、結び目の影から出てくる結び目の種数と組紐指数に関する不等式を見いだし、部分解を与えた。

研究成果の発信として、次の講座を開いたり講師を務めたりした。

岐阜大学公開講座 2017～2021年の統括（河崎哲嗣氏と共同）

小学生向けの講座

計算しよう	岐阜大学公開講座（ZOOM）	2021年11月20日
知恵の輪を解こう！	STEAM 楽校（本巣市主催）	2021年9月10日
いろいろな立体を作ろう！	岐阜大学公開講座	2019年6月1日
図形に親しまう！	岐阜大学公開講座	2018年8月10日

中学生・高校生向けの出前講義・講演

知恵の輪を解こう	岐阜県立大垣東高等学校	2021年11月17日
数学の未解決問題を知ろう	岐阜県立恵那高等学校	2021年11月4日
知恵の輪を解こう	岐阜県立大垣桜高等学校	2020年2月5日
知恵の輪を解こう	愛知高等学校	2019年3月18日
知恵の輪を解こう	愛知県立春日井高等学校	2019年1月16日

研究成果をまとめるにあたり、次の科学館での演示を行った。

科学館による実演（岐阜県先端技術体験センター サイエンスワールド）

楽器を作ろう	科学の部屋	2021年7月4日
算数・数学を楽しもう	大学生サイエンスフェスティバル	2020年2月2日
折って切って形づくり	サイエンスフェア 2019	2019年7月28日
このコマまわるかな	大学生サイエンスフェスティバル	2019年2月3日
このコマ回るかな？	サイエンスフェア 2018	2018年7月28日

理数探究（数学探究）サポートページの作成

<https://www1.gifu-u.ac.jp/~hanaki/tankyu/index.html>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 花木良, 松波雅慶	4. 巻 35
2. 論文標題 幼児から大人までを対象とした数学と関連付けた敷きつめ題材の参加型展示	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 13-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jsser.35.8_13	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 花木良, 吉井貴寿	4. 巻 45
2. 論文標題 数学展示作製によるSTEAM教育	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集	6. 最初と最後の頁 269-270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssep.45.0_523	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 花木良, 吉井貴寿	4. 巻 8
2. 論文標題 教職大学院における科学館展示を活用した教育実践科目の研究 数学展示物作製による実践を踏まえて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本教科内容学会誌	6. 最初と最後の頁 53-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ryo Hanaki	4. 巻 29
2. 論文標題 On fertility of knot shadows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Knot Theory and Its Ramifications	6. 最初と最後の頁 2050080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 花木 良, 伊藤 杏優, 杉田 岳史, 林 訓史	4. 巻 33
2. 論文標題 幼児から大人までを対象とした数学と関連付けたコマの参加型展示の実践的研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 7-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jsser.33.8_7	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 花木良	4. 巻 6
2. 論文標題 教科専門科目における読書課題に関する実践的研究 数学科「代数学」の講義での実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本教科内容学会誌	6. 最初と最後の頁 57-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿
2. 発表標題 教職大学院における科学館を活用した教育実践科目の提案(2)
3. 学会等名 日本教科内容学会第7回研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿
2. 発表標題 数学探究のための未解決問題紹介サイト
3. 学会等名 2021年度数学教育学会秋季例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿, 伊藤直治
2. 発表標題 全世代対象教育の実践を含めた教職大学院カリキュラムの提案 数学を題材とした科学イベント出展を取り入れた実践を踏まえて
3. 学会等名 令和3年度日本教育大学協会研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿
2. 発表標題 未解決問題を用いた探究教材の研究
3. 学会等名 日本数学教育学会第54回秋期研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花木良, 江崎愛, 橋爪亜美
2. 発表標題 ストロー笛に関する教材研究 - 数学的な見方を生かしたSTEAM教育 -
3. 学会等名 日本教材学会第33回研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿
2. 発表標題 教職大学院における科学館を活用した教育実践科目の提案
3. 学会等名 日本教科内容学会第7回研究大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿
2. 発表標題 数学展示を用いたアウトリーチ活動の構想
3. 学会等名 2020年度数学教育学会秋季例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿
2. 発表標題 教材研究と幼児から大人までを対象とした数学展示物作製
3. 学会等名 日本教材学会第32回研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花木良
2. 発表標題 理数探究を指導する教員養成に関する一考察 SSH の生徒発表からの考察を通して
3. 学会等名 日本数学教育学会第53回秋期研究大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花木良
2. 発表標題 結び目の影の肥沃性
3. 学会等名 日本数学会2020年度秋季総合分科会トポロジー分科会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花木良, 吉井貴寿
2. 発表標題 科学館における算数・数学展示物の拡充に向けた一考察
3. 学会等名 日本科学教育学会第 44 回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 花木良
2. 発表標題 「理数探究基礎」と「理数探究」に関する考察と提案 数学的事象に関することに焦点化して
3. 学会等名 日本数学教育学会第52回秋期研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 花木良
2. 発表標題 結び目, 絡み目及び空間グラフのダイアグラムと射影像の研究について
3. 学会等名 GMSセミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 花木良
2. 発表標題 身近にある数学を探そう
3. 学会等名 第3回中学生・高校生の数学研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------